

# LASER BEAM MACHINING DEVICE AND METHOD, MANUFACTURING METHOD FOR INK JET RECORDING HEAD USING THE DEVICE OR THE METHOD AND INK JET RECORDING HEAD MANUFACTURED BY THE MANUFACTURING METHOD

Veröffentlichungsnummer JP2001232487 (A)

Veröffentlichungsdatum: 2001-08-28

Erfinder: KOIDE JUN; MORI MASAO; SUGAMA SADAYUKI +

Anmelder: CANON KK +

Klassifikation:

- Internationale: **B23K26/00; B23K26/06; B41J2/16; B81C1/00; G02F1/13; H01S3/00; B23K26/00; B23K26/06; B41J2/16; B81C1/00; G02F1/13; H01S3/00; (IPC1-7): B23K26/00; B23K26/06; B41J2/16; B81C1/00; G02F1/13; H01S3/00**

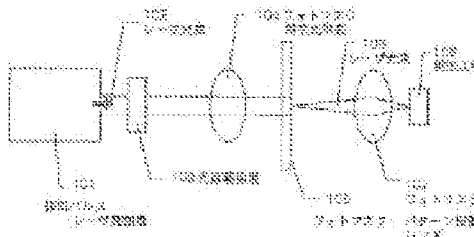
- Europäische:

Anmeldenummer: JP20000360507 20001128

Prioritätsnummer(n): JP20000360507 20001128; JP19990339342 19991130; JP19990339344 19991130

Zusammenfassung von **JP 2001232487 (A)**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser beam machining device and method by which an irradiation beam continuously emitted from a laser oscillator is controlled and desired abrasion work is performed without affecting the temperature control of the entire laser oscillating part, and to provide a manufacturing method for an ink jet recording head using the device or the method and an ink jet recording head manufactured by the manufacturing method. **SOLUTION:** The laser beam machining device or the laser beam machining method is for performing optical abrasion work by irradiating an object 108 to be machined with laser beam flux 102, 106 from an ultra-short pulse laser oscillator 101 which continuously radiates an optical pulse having a large spacewise and large timewise energy density in a pulse radiation time of one picosecond or less. The device is constituted in a way that the optical abrasion work on the object 108 is performed by controlling the irradiation beam of the laser beam flux 102, 106 using a control means which is arranged in a place not affecting the temperature control of the ultra-short pulse laser oscillating part.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-232487  
(P2001-232487A)

(43) 公開日 平成13年8月28日 (2001.8.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	デモコード <sup>*</sup> (参考)
B 2 3 K 26/00		B 2 3 K 26/00	N
26/06		26/06	J
B 4 1 J 2/16		B 8 1 C 1/00	
B 8 1 C 1/00		G 0 2 F 1/13	5 0 5
G 0 2 F 1/13	5 0 5	H 0 1 S 3/00	B

審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

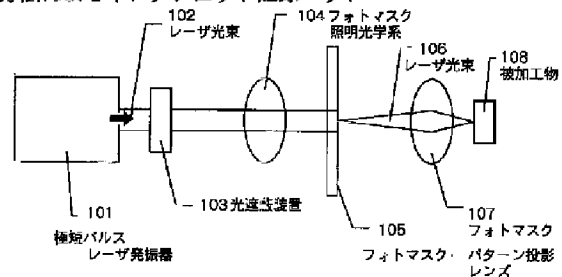
(21) 出願番号	特願2000-360507 (P2000-360507)	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成12年11月28日 (2000.11.28)	(72) 発明者	小出 純 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平11-339342	(72) 発明者	森 雅生 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
(32) 優先日	平成11年11月30日 (1999.11.30)	(72) 発明者	須釜 定之 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(74) 代理人	100103289 弁理士 長尾 達也
(31) 優先権主張番号	特願平11-339344		
(32) 優先日	平成11年11月30日 (1999.11.30)		
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置とレーザ加工方法、および該レーザ加工装置または方法によって加工するインク  
ジェット記録ヘッドの製造方法と該製造方法によるインクジェット記録ヘッド

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】レーザ発振部分全体の温度コントロールに影響を与えることなく、レーザ発振器から連続放射される照射光を制御して、所望の光アブレーション加工を行うことができるレーザ加工装置とレーザ加工方法、およびそれらによるインクジェット記録ヘッドの製造方法とインクジェット記録ヘッドを提供する。

【解決手段】1ピコ秒以下のパルス放射時間にて空間的・時間的なエネルギー密度の大きい光パルスを連続放射する極短パルスレーザ発振器101からのレーザ光束102、106を被加工物108に照射し、光アブレーション加工を行うレーザ加工装置または方法であって、前記極短パルスレーザ発振部分の温度コントロールに影響を与えることのない個所に配された制御手段によって、前記レーザ光束102、106の照射光を制御して、前記被加工物108に光アブレーション加工を行うように構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】1ピコ秒以下のパルス放射時間にて空間的・時間的なエネルギー密度の大きい光パルスを連続放射するレーザ発振器からのレーザ光を被加工物に照射し、光アブレーション加工を行うレーザ加工装置であって、前記レーザ光の照射を制御する制御手段が、前記レーザ発振部分の温度コントロールに影響を与えることのない個所に配され、該制御手段によって前記レーザ発振器から連続放射されるレーザ光の照射を制御して、前記被加工物に光アブレーション加工を行う構成を備えていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】前記制御手段が、レーザ発振器外部、またはレーザ発振器内におけるレーザ発振室とは別に形成された部屋に配されていることを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工装置。

【請求項3】前記制御手段が、前記レーザ光の光通過と光遮断の制御可能な光遮蔽装置であり、該光遮蔽装置により前記被加工物に所定パルス数だけ照射して光アブレーション加工を行う構成を有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載のレーザ加工装置。

【請求項4】前記光遮蔽装置が、機械的電磁チョッパーによるものであることを特徴とする請求項3に記載のレーザ加工装置。

【請求項5】前記光遮蔽装置が、電気的液晶シャッターによるものであることを特徴とする請求項3に記載のレーザ加工装置。

【請求項6】前記光遮蔽装置が、音響光学変調器(AOM)での回折効果を用いて光遮断を行うものであることを特徴とする請求項3に記載のレーザ加工装置。

【請求項7】前記光遮蔽装置が、電気光学変調器(EOM)での回折効果を用いて光遮断を行うものであることを特徴とする請求項3に記載のレーザ加工装置。

【請求項8】前記制御手段が、前記レーザ光における光強度の減衰の制御可能な光強度減衰手段であり、該光強度減衰手段により前記被加工物に所定エネルギー密度だけ照射して光アブレーション加工を行う構成を有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載のレーザ加工装置。

【請求項9】前記光強度減衰手段が、光の入射角を可変して通過光強度を制御するバリエブル光アッテネータによるものであることを特徴とする請求項8に記載のレーザ加工装置。

【請求項10】前記光強度減衰手段が、光吸収フィルターによるものであることを特徴とする請求項8に記載のレーザ加工装置。

【請求項11】前記制御手段が、前記レーザ発振器から放射される連続光パルスの周波数より小さい周波数(または長い周期)で光通過遮断の繰り返し制御可能な光遮蔽制御装置であり、該光遮蔽制御装置により被加工物に所定間隔周期で連続光パルスを照射して光アブレーション加工を行う構成を有することを特徴とする請求項1

または請求項2に記載のレーザ加工装置。

【請求項12】前記光遮蔽制御装置が、機械的回転チョッパーによるものであることを特徴とする請求項11に記載のレーザ加工装置。

【請求項13】前記機械的回転チョッパーによる光通過と光遮断の時間比率が、前記機械的回転チョッパーの遮蔽板形状によって設定されていることを特徴とする請求項12に記載のレーザ加工装置。

【請求項14】前記光遮蔽制御装置が、機械的電磁開閉シャッターによるものであることを特徴とする請求項11に記載のレーザ加工装置。

【請求項15】前記光遮蔽制御装置が、電気的液晶シャッターによるものであることを特徴とする請求項11に記載のレーザ加工装置。

【請求項16】前記光遮蔽制御装置が、音響光学変調器(AOM)での回折効果を用いて光遮断を行うものであることを特徴とする請求項11に記載のレーザ加工装置。

【請求項17】前記光遮蔽制御装置が、電気光学変調器(EOM)での回折効果を用いて光遮断を行うものであることを特徴とする請求項11に記載のレーザ加工装置。

【請求項18】前記光遮蔽制御装置のレーザ光の吸収による温度上昇は、エアブロー等の空冷手段または循環液体熱交換等の液冷手段によって防止されるように構成されていることを特徴とする請求項11～17のいずれか1項に記載のレーザ加工装置。

【請求項19】前記光遮蔽制御装置によって反射されるレーザ光は、カーボンブロック等の光吸収材によって吸収されるように構成されていることを特徴とする請求項11～18のいずれか1項に記載のレーザ加工装置。

【請求項20】前記光遮蔽制御装置の光通過遮断の繰り返し周期は、コントローラ手段によって光遮蔽制御装置を機械的または電気的に制御するように構成されていることを特徴とする請求項11～19のいずれか1項に記載のレーザ加工装置。

【請求項21】前記コントローラ手段は、被加工物の物性特性および加工形状または加工進行状態に応じて光遮蔽制御装置の光通過と光遮断の繰り返し周期を可変制御するように構成されていることを特徴とする請求項20に記載のレーザ加工装置。

【請求項22】前記コントローラ手段は、被加工物の物性特性および加工形状または加工進行状態に応じて光遮蔽制御装置の光通過と光遮断の時間比率を可変制御するように構成されていることを特徴とする請求項20に記載のレーザ加工装置。

【請求項23】前記レーザ発振器が、光伝播の空間圧縮装置を有しているレーザ発振器であることを特徴とする請求項1～22のいずれか1項に記載のレーザ加工装置。

置。

【請求項 2 4】前記光伝播の空間圧縮装置が、チャープパルス生成手段と、光波長分散特性を利用した縦モード同期手段によって構成されていることを特徴とする請求項 2 3 に記載のレーザ加工装置。

【請求項 2 5】1 ピコ秒以下のパルス放射時間にて空間的・時間的なエネルギー密度の大きい光パルスを連続放射するレーザ発振器からのレーザ光を被加工物に照射し、光アブレーション加工を行うレーザ加工方法であって、前記レーザ発振器を含む領域を温度コントロールするとともに、該温度コントロール領域外のレーザ光の光軸上に配された制御手段によって、前記レーザ発振器から連続放射されるレーザ光の照射を制御しながら、前記被加工物に光アブレーション加工を行うことを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 2 6】前記制御手段を、前記レーザ光の光通過と光遮断の制御可能な遮蔽装置で構成し、該光遮蔽装置により前記被加工物に所定パルス数だけ照射して光アブレーション加工を行うことを特徴とする請求項 2 5 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 2 7】前記制御手段を、前記レーザ光における光強度の減衰の制御可能な光強度減衰手段で構成し、該光強度減衰手段により前記被加工物に所定エネルギー密度だけ照射して光アブレーション加工を行うことを特徴とする請求項 2 5 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 2 8】前記制御手段を、前記レーザ発振器から放射される連続光パルスの周波数より小さい周波数（または長い周期）で光通過遮断の繰り返しを制御可能な光遮蔽制御装置で構成し、該光遮蔽制御装置により被加工物に所定間隔周期で連続光パルスを照射して光アブレーション加工を行う構成を有することを特徴とする請求項 2 5 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 2 9】記録媒体に付着させるインク液滴を吐出するためのインク吐出口、前記吐出口に供給するためのインクを貯える液室、前記吐出口と前記液室とを連通するインク流路、前記インク流路の一部に設けられインクを吐出するためのエネルギーを発生するエネルギー発生素子、前記液室に外部からインクを供給するためのインク供給口、等を含むインクジェット記録ヘッドのインク通路の少なくとも一部を構成する部材を、レーザ加工装置によって加工するインクジェット記録ヘッドの製造方法において、前記レーザ加工装置として請求項 1 ～ 2 4 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工装置を用い、または前記レーザ加工方法として請求項 2 5 ～ 2 8 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工方法を用いて、前記インクジェット記録ヘッドのインク通路の少なくとも一部を構成する部材を、昇華加工することを特徴とするインクジェット記録ヘッドの製造方法。

【請求項 3 0】記録媒体に付着させるインク液滴を吐出するためのインク吐出口、前記吐出口に供給するためのインクを貯える液室、前記吐出口と前記液室とを連通するインク流路、前記インク流路の一部に設けられインクを吐出するためのエネルギーを発生するエネルギー発生素子、前記液室に外部からインクを供給するためのインク供給口、等を含むインクジェット記録ヘッドのインク通路の少なくとも一部を構成する部材を、レーザ加工装置によって加工されてなるインクジェット記録ヘッドにおいて、前記インクジェット記録ヘッドが、請求項 2 9 に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法により製造されたものであることを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ加工装置とレーザ加工方法、および該レーザ加工装置または方法によって加工するインクジェット記録ヘッドの製造方法と該製造方法によるインクジェット記録ヘッドに関し、特に、被加工物を昇華加工することができ、さらにはマイクロマシン、または IC およびハイブリッド IC デバイス等の複雑材料および複雑形状の微細加工することができるレーザ加工装置またはレーザ加工方法の実現を目指すものである。

【0002】

【従来の技術】従来、被加工物に構造体を直接微細加工形成する場合、レーザ加工では、エキシマレーザまたは YAG レーザの高調波を用いるが、レーザ光のエネルギー密度は発振パルスにおいて最大でも 100 メガワットのレベルでしかないため、熱伝導率の高い金属、セラミック、鉱物（シリコン等）、光吸収率の低い石英およびガラスにおいては加工が困難であって、主に有機樹脂材料の昇華アブレーション加工しか出来なかった。この不都合上、前記金属、セラミック、鉱物、さらにガラスを含む、またはこれら材料から構成される複合材に微細加工を施す場合には、リソグラフィプロセスを用いて、各個々の異材質材料に対してそれぞれ、レジストコート、レジストパターニング露光、レジスト現像、レジストパターンを利用したエッチング、レジストアッシング、の一連のプロセスを踏んでようやく構造体を加工形成している。

【0003】また、インクジェット記録ヘッドの製造においても、インク吐出機構部分には、一般に、インクを吐出するためのインク吐出口と、前記吐出口に供給するためのインクを貯える液室と、前記吐出口と前記液室とを連通するインク流路と、前記インク流路の一部に設けられたインクを吐出するためのエネルギーを発生するエネルギー発生素子と、前記液室に外部からインクを供給するためのインク供給口が設けられているが、インクが

吐出するインク吐出口オリフィスを形成するプレート（以後オリフィスプレートと呼ぶ）に樹脂だけでは得られない機能を持たせる為に、金属薄膜をラミネートした複合材質材にインク吐出口を形成するといった試みも行われている。この場合プレス加工または、リソグラフィパターンエッチングが用いられるが、第一のプレス加工では形状精度的な点で問題があるため、微細加工としては不向きであり、第二のエッチングにおいては加工工程が複雑となり、コスト的な点で問題がある上、工程タクトタイムに対して生産設備投資が膨大になるといった問題がある。以上のように、被加工物に微細な構造を形成する為には、一般にはリソグラフィプロセスのような複雑な加工プロセスが必要となるのが現状である。

【0004】このようなことから、本出願人は、特願平2000-187464号、特願平2000-188333号、特願平2000-187146号等において、「次世代光テクノロジー集成」（平成4年（株）オプトロニクス社発行、第1部要素技術；超短光パルスの発生と圧縮、24頁～31頁）等に記載されているいわゆるフェムト秒レーザーを用い、1ピコ秒以下のパルス放射時間にて発振するレーザー発振器から放射される空間的時間的なエネルギー密度の大きい複数パルスのレーザー光を、所定エネルギー密度で集光照射し、レーザー光が熱エネルギーとして被加工物内を拡散する前に昇華アブレーション加工する手段を提案している。これによれば、時間的なエネルギー密度が飛躍的に増加するため（汎用的に市販されているフェムト秒レーザーの中には、パルス放射時間が150フェムト秒以下、パルス当りの光エネルギーが500マイクロジュール以上のものが存在する。即ち放射レーザー光のエネルギー密度は発振パルスにおいて約3ギガワットのレベルとなる）、また、レーザーの照射時間が非常に短いため、レーザー光が熱エネルギーとして被加工物内を拡散する前に昇華アブレーション加工プロセスを終了させることが可能となる。この現象を科学的に解析すると、光子であるフォトンが電子に吸収され熱量子であるフォノンに変換される時間が1ピコ秒オーダーとされているため、光エネルギーは熱には変換されずに格子分解エネルギーとして作用するとも言われている。

【0005】このような特性を利用すると、熱伝導率の高い金属、セラミック、鉱物（シリコン等）であってもエネルギーの集中が可能となるため多光子吸収過程が発生し加工が容易に可能で、光吸収率の低い石英およびガラスにおいても、光エネルギー密度がギガワットの域に達しエキシマレーザーと比べても100倍以上のエネルギー密度となるため、ガラスまたは石英および光学結晶であっても0.1～1%程度の吸収率があれば加工が可能となる。

【0006】このように高出力の1ピコ秒以下のパルス放射時間でレーザー光を放射するレーザー発振システムである高出力型フェムト秒レーザーによる光アブレーション加

工が材料の限定を受けない微細加工方法として非常に有効であり、近年盛んに研究開発が行われてきている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した1ピコ秒以下のパルス放射時間でレーザー光を放射するレーザー発振システムは、一般に縦モード同期法を用いて発振させるものであるため、その特徴の一つとして、レーザーシステムに組み込まれている光学部材をミクロンメートルオーダーで配置調整することによって縦モード同期を行ってレーザー光の時間パルス圧縮しているものであるため、システムを構成する部材の温度変化による膨張収縮に対しては非常に敏感であって、レーザーの繰り返し発振状態を変化させてしまうと、つまりバースト発振を行ったり、繰り返し発振周波数を変調したりするとレーザー発振器内の熱的な平衡状態が乱されてしまいレーザー発振器内の温度が不安定となり、このことによって光学部材を保持している台が熱膨張収縮を起こし、ミクロンメートルオーダーで調整されていた光学的調整がずれてしまい、レーザー光の発振パルス時間および出力エネルギーが変動を起こしてしまう。このような不具合を解消するために、このレーザー発振システムはレーザー発振および再生増幅部分全体を0.1度のオーダーで精度良く温度コントロールを行っているのであるがこのことだけでは不十分で、かつ、定常状態で連続パルス発振させて使用することが好ましいものである。

【0008】一方、このように連続発振状態で使用する場合には、放射しつつけるレーザー光に対して、光遮断装置あるいは光強度減衰手段を光路中に設けなければ、実際の加工には使用できないという問題が生じることとなるが、そのために、単純にレーザー発振装置内に光遮断装置あるいは光強度減衰手段を設けると、つぎのような別の問題を生じることとなる。すなわち、上記したようにこの縦モード同期法によって極短パルス時間のレーザー放射を行っているものであることから、再述するとレーザーシステムの光学部材の配置にはミクロンレベルの配置精度が必要であり、これを安定にレーザー発振させるために、レーザー発振部分全体を0.1度のオーダーで精度良く温度コントロールされている。したがって、このようなレーザー発振器本体に単純に光遮断装置あるいは光強度減衰手段を設けると、これによりレーザーエネルギーを放出または吸収されることとなり、レーザー発振器内が光エネルギー吸収によって加熱されて温度上昇してしまうことによって、レーザー発振自体がきわめて不安定になってしまうという問題を生じる。

【0009】さらに、より高精度で最適な微細加工を行うためには、上記した光遮断装置等を設けるに際して、単に、レーザー発振部分全体の温度コントロールへの影響を考慮するだけでは、十分とは言えない。すなわち、光アブレーション加工において、より高精度で最適な微細加工を行うために、レーザー光の連続一定周期パルスをバ

ースト照射するだけでは不充分で、被加工物の物性特性および加工形状または加工進行状態に応じてレーザ光パルスの繰返し周期を可変することや、レーザ照射状態とレーザ非照射状態の時間比率を可変することが必要となってくる。例えば、光アブレーションによって生成されたプラズマおよび気体状の原子または分子の飛散状態に対して、レーザ照射間隔の最適化や、プラズマ雲による光遮蔽および吸収によるアブレーション特性変化を回避すること、等が必要となるが、そのために、光源であるレーザ発振システムのレーザ光パルスの発振周波数を直接変調してしまうと、上記したように熱的な平衡状態の乱れによるレーザ光の特性変化といった問題が発生してしまうこととなる。

【 0 0 1 0 】そこで、本発明は、上記課題を解決し、レーザ発振部分全体の温度コントロールに影響を与えることなく、レーザ発振器から連続放射されるレーザ光の照射を制御して、所望の光アブレーション加工を行うことができるレーザ加工装置とレーザ加工方法、および該レーザ加工装置または方法によって加工するインクジェット記録ヘッドの製造方法と該製造方法によるインクジェット記録ヘッドを提供することを目的とするものである。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を達成するために、つぎの(1)～(30)のように構成したレーザ加工装置とレーザ加工方法、および該レーザ加工装置または方法によって加工するインクジェット記録ヘッドの製造方法と該製造方法によるインクジェット記録ヘッドを提供するものである。

(1) 1ピコ秒以下のパルス放射時間にて空間的・時間的なエネルギー密度の大きい光パルスを連続放射するレーザ発振器からのレーザ光を被加工物に照射し、光アブレーション加工を行うレーザ加工装置であって、前記レーザ光の照射を制御する制御手段が、前記レーザ発振部分の温度コントロールに影響を与えることのない箇所に配され、該制御手段によって前記レーザ発振器から連続放射されるレーザ光の照射を制御して、前記被加工物に光アブレーション加工を行う構成を備えていることを特徴とするレーザ加工装置。

(2) 前記制御手段が、レーザ発振器外部、またはレーザ発振器内におけるレーザ発振室とは別に形成された部屋に配されていることを特徴とする上記(1)に記載のレーザ加工装置。

(3) 前記制御手段が、前記レーザ光の光通過と光遮断の制御可能な光遮蔽装置であり、該光遮蔽装置により前記被加工物に所定パルス数だけ照射して光アブレーション加工を行う構成を有することを特徴とする上記(1)または上記(2)に記載のレーザ加工装置。

(4) 前記光遮蔽装置が、機械的電磁チョッパーによるものであることを特徴とする上記(3)に記載のレーザ

加工装置。

(5) 前記光遮蔽装置が、電気的液晶シャッターによるものであることを特徴とする上記(3)に記載のレーザ加工装置。

(6) 前記光遮蔽装置が、音響光学変調器(AOM)での回折効果を用いて光遮断を行うものであることを特徴とする上記(3)に記載のレーザ加工装置。

(7) 前記光遮蔽装置が、電気光学変調器(EOM)での回折効果を用いて光遮断を行うものであることを特徴とする上記(3)に記載のレーザ加工装置。

(8) 前記制御手段が、前記レーザ光における光強度の減衰の制御可能な光強度減衰手段であり、該光強度減衰手段により前記被加工物に所定エネルギー密度だけ照射して光アブレーション加工を行う構成を有することを特徴とする上記(1)または上記(2)に記載のレーザ加工装置。

(9) 光強度減衰手段が、光の入射角を可変して通過光強度を制御するバリエブル光アッテネータによるものであることを特徴とする上記(8)に記載のレーザ加工装置。

(10) 光強度減衰手段が、光吸収フィルターによるものであることを特徴とする上記(8)に記載のレーザ加工装置。

(11) 前記制御手段が、前記レーザ発振器から放射される連続光パルスの周波数より小さい周波数(または長い周期)で光通過遮断の繰返し制御可能な光遮蔽制御装置であり、該光遮蔽制御装置により被加工物に所定間隔周期で連続光パルスを照射して光アブレーション加工を行う構成を有することを特徴とする上記(1)または上記(2)に記載のレーザ加工装置。

(12) 前記光遮蔽制御装置が、機械的回転チョッパーによるものであることを特徴とする上記(11)に記載のレーザ加工装置。

(13) 前記機械的回転チョッパーによる光通過と光遮断の時間比率が、前記機械的回転チョッパーの遮蔽板形状によって設定されていることを特徴とする上記(12)に記載のレーザ加工装置。

(14) 前記光遮蔽制御装置が、機械的電磁開閉シャッターによるものであることを特徴とする上記(11)に記載のレーザ加工装置。

(15) 前記光遮蔽制御装置が、電気的液晶シャッターによるものであることを特徴とする上記(11)に記載のレーザ加工装置。

(16) 前記光遮蔽制御装置が、音響光学変調器(AOM)での回折効果を用いて光遮断を行うものであることを特徴とする上記(11)に記載のレーザ加工装置。

(17) 前記光遮蔽制御装置が、電気光学変調器(EOM)での回折効果を用いて光遮断を行うものであることを特徴とする上記(11)に記載のレーザ加工装置。

(18) 前記光遮蔽制御装置のレーザ光の吸収による温

度上昇は、エアブロー等の空冷手段または循環液体熱交換等の液冷手段によって防止されるように構成されていることを特徴とする上記(11)～(17)のいずれかに記載のレーザ加工装置。

(19) 前記光遮蔽制御装置によって反射されるレーザ光は、カーボンブロック等の光吸収材によって吸収されるように構成されていることを特徴とする上記(11)～(18)のいずれかに記載のレーザ加工装置。

(20) 前記光遮蔽制御装置の光通過遮断の繰り返し周期は、コントローラ手段によって光遮蔽制御装置を機械的または電氣的に制御するように構成されていることを特徴とする上記(11)～(19)のいずれかに記載のレーザ加工装置。

(21) 前記コントローラ手段は、被加工物の物性特性および加工形状または加工進行状態に応じて光遮蔽制御装置の光通過と光遮断の繰り返し周期を可変制御するように構成されていることを特徴とする上記(20)に記載のレーザ加工装置。

(22) 前記コントローラ手段は、被加工物の物性特性および加工形状または加工進行状態に応じて光遮蔽制御装置の光通過と光遮断の時間比率を可変制御するように構成されていることを特徴とする上記(20)に記載のレーザ加工装置。

(23) 前記レーザ発振器が、光伝播の空間圧縮装置を有しているレーザ発振器であることを特徴とする上記(1)～(22)のいずれかに記載のレーザ加工装置。

(24) 前記光伝播の空間圧縮装置が、チャージングパルス生成手段と、光波長分散特性を利用した縦モード同期手段によって構成されていることを特徴とする上記(23)に記載のレーザ加工装置。

(25) 1ピコ秒以下のパルス放射時間にて空間的時間的なエネルギー密度の大きい光パルスを連続放射するレーザ発振器からのレーザ光を被加工物に照射し、光アブレーション加工を行うレーザ加工方法であって、前記レーザ発振器を含む領域を温度コントロールするとともに、該温度コントロール領域外のレーザ光の光軸上に配された制御手段によって、前記レーザ発振器から連続放射されるレーザ光の照射を制御しながら、前記被加工物に光アブレーション加工を行うことを特徴とするレーザ加工方法。

(26) 前記制御手段を、前記レーザ光の光通過と光遮断の制御可能な遮蔽装置で構成し、該光遮蔽装置により前記被加工物に所定パルス数だけ照射して光アブレーション加工を行うことを特徴とする上記(25)に記載のレーザ加工方法。

(27) 前記制御手段を、前記レーザ光における光強度の減衰の制御可能な光強度減衰手段で構成し、該光強度減衰手段により前記被加工物に所定エネルギー密度だけ照射して光アブレーション加工を行うことを特徴とする上記(25)に記載のレーザ加工方法。

(28) 前記制御手段を、前記レーザ発振器から放射される連続光パルスの周波数より小さい周波数(または長い周期)で光通過遮断の繰り返し制御可能な光遮蔽制御装置で構成し、該光遮蔽制御装置により被加工物に所定間隔周期で連続光パルスを照射して光アブレーション加工を行う構成を有することを特徴とする上記(25)に記載のレーザ加工方法。

(29) 記録媒体に付着させるインク液滴を吐出するためのインク吐出口、前記吐出口に供給するためのインクを貯える液室、前記吐出口と前記液室とを連通するインク流路、前記インク流路の一部に設けられインクを吐出するためのエネルギーを発生するエネルギー発生素子、前記液室に外部からインクを供給するためのインク供給口、等を含むインクジェット記録ヘッドのインク通路の少なくとも一部を構成する部材を、レーザ加工装置によって加工するインクジェット記録ヘッドの製造方法において、前記レーザ加工装置として上記(1)～(24)のいずれかに記載のレーザ加工装置を用い、または前記レーザ加工方法として上記(25)～(28)のいずれかに記載のレーザ加工方法を用いて、前記インクジェット記録ヘッドのインク通路の少なくとも一部を構成する部材を、昇華加工することを特徴とするインクジェット記録ヘッドの製造方法。

(30) 記録媒体に付着させるインク液滴を吐出するためのインク吐出口、前記吐出口に供給するためのインクを貯える液室、前記吐出口と前記液室とを連通するインク流路、前記インク流路の一部に設けられインクを吐出するためのエネルギーを発生するエネルギー発生素子、前記液室に外部からインクを供給するためのインク供給口、等を含むインクジェット記録ヘッドのインク通路の少なくとも一部を構成する部材を、レーザ加工装置によって加工されてなるインクジェット記録ヘッドにおいて、前記インクジェット記録ヘッドが、上記(29)に記載のインクジェット記録ヘッドの製造方法により製造されたものであることを特徴とするインクジェット記録ヘッド。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施形態においては、レーザ光の照射を制御する制御手段として光遮蔽装置を構成し、これを前記したレーザ発振部分の温度コントロールに影響を与えることのない箇所に配置することで、レーザ発振部分に光エネルギーによる熱を発生させることなく、前記レーザ発振器から連続放射されるレーザ光の光通過と光遮断を制御することが可能となる。したがって、これにより、レーザ発振部分全体の温度コントロールに影響を与えることがなく、安定したレーザ発振のもとで、光通過と光遮断を制御することができ、被加工物に所定パルス数だけ照射し、所定深さの精度の良いレーザ加工を行うことが可能となる。

【0013】本発明の第2の実施形態においては、レー

ザ光の照射を制御する制御手段として光強度減衰手段を構成し、これを前記したレーザ発振部分の温度コントロールに影響を与えることのない個所に配置することで、レーザ発振部分に光エネルギーによる熱を発生させることなく、前記レーザ発振器から連続放射されるレーザ光の光強度を減衰するように制御することが可能となる。したがって、これにより、レーザ発振部分全体の温度コントロールに影響を与えることがなく、安定したレーザ発振のもとで、光強度を減衰するようにして、被加工物に所定エネルギー密度だけ照射し、加工表面等の滑らかで精度の良い光アブレーション加工を行うことが可能となる。

【0014】本発明の第3の実施形態においては、レーザ発振器から放射される連続光パルスの周波数より小さい周期で光通過遮断の繰り返し制御可能な光遮蔽制御装置をレーザ発振部分の温度コントロールに影響を与えることのない個所に配置することにより、レーザ発振部分全体の温度コントロールに影響を与えることなく、被加工物の物性特性および加工形状または加工進行状態に応じてレーザ光パルスの繰り返し周期を制御することができ、またレーザ照射状態とレーザ非照射状態の時間比率を制御して、高精度で最適な光アブレーション微細加工を行うことができる。すなわち、光源であるレーザ発振システムのレーザ光パルスの発振周波数を直接変調してしまうと、熱的な平衡状態の乱れによるレーザ光の特性変化といった問題が発生してしまうことから、擬似的にはほぼ同様な効果を得るために、上記したように光遮蔽制御装置の光通過遮断の繰り返し周期を可変することと、光遮蔽制御装置の光通過と光遮断の時間比率を可変することによって対応することができる。

【0015】

【実施例】以下に、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。なお、実施例1は上記した第1の実施形態に、また実施例2は上記した第2の実施形態に、また実施例3は上記した第3の実施形態に、それぞれ係るものである。

〔実施例1〕図1は、本発明の実施例1におけるレーザ加工装置の光学系の概略光路図である。101は短パルスレーザ発振器、104はフィールドレンズ、コンデンサレンズ等を含むマスク照明光学系（ケーラー照明系、クリティカル照明系等の照明方法を含む）、105はフォトマスク、107は投影結像レンズ、108は被加工物である。

【0016】上記光学系において、短パルスレーザ発振器101から図中矢印方向に放射されたレーザ光束102をフィールドレンズ、コンデンサレンズ等を含むマスク照明光学系104（ケーラー照明系、クリティカル照明系等の照明方法を含む）によって、フォトマスク105を照明し、フォトマスク105上に形成されたマスクパターンを通過したレーザ光束106は投影結像レン

ズ107によって被加工物108にフォーカス投影され、レーザ発振によって被加工物が加工される。このような構成のレーザ加工装置に用いられる1ピコ秒以下のパルス発振時間幅でレーザを放出するレーザ発振器は、縦モード同期法を用いたレーザ発振器である。したがって、このようなレーザ発振器からのレーザパルスは、一般的に連続的に放射されることとなる。このため、所定パルス数だけの照射に制御する手段として、本実施例においては、レーザ発振器101から放射されたレーザ光束102に対して、レーザ発振器外部、またはレーザ発振器内におけるレーザ発振室とは別の部屋等のレーザ発振部分全体の温度コントロールに影響を与えることのない光路中に、光通過遮断が制御可能な光遮蔽装置103を配し、光透過状態をON、光遮断状態をOFFとすると、ON/OFFの制御によって、被加工物108を所定量だけ加工するように構成している。その際、上記レーザ発振部分全体の温度コントロールに影響を与えることのない個所としては、前記光学系の光路中におけるレーザ発振器101と光学系の間が好ましく、さらには、レーザ発振器101のレーザ出射口近傍がより好ましい。また、これらによるシャッタータイミングは、パルスカウントあるいは時間カウントによって制御するように構成することが可能である。本実施例においては、上記光遮蔽装置として、チョッパー型の機械的電磁シャッターを用いている。しかし、このような機械的な動作時間では、追いつけない時間をON/OFFするためには、電気制御可能な液晶シャッター、音響光学素子（AOM）、あるいは電気光学素子による光偏向で光直進状態をON、光回折効果による光偏向状態をOFFとして、光の進行方向を変える素子等を用いて、ON/OFFの光遮蔽を制御するようにしても良い。ただし、1ピコ秒以下のレーザパルスは、一般的には縦モードがマルチで発振するため、レーザ波長バンドの広がりを持っている。このためバルク型の光学素子を通過すると、光学素子の波長分散特性によって、レーザパルス幅が若干長くなってしまったといった欠点を抱えることとなる。また、特に加工を行う対象が多い場合、すなわち量産加工に用いる場合には、同一で安定均一な加工をおこなうために、レーザの発振特性であるパルス時間、出力エネルギーの安定性は非常に重要であり、本実施例のレーザ発振部分の温度コントロールに影響を与えない光路中に光遮蔽装置を配して、レーザ照射をON/OFFすることが必須となる。

【0017】〔実施例2〕図2は、本発明の本実施例2におけるレーザ加工装置の光学系の概略光路図である。201は短パルスレーザ発振器、204はフィールドレンズ、コンデンサレンズ等を含むマスク照明光学系（ケーラー照明系、クリティカル照明系等の照明方法を含む）、205はフォトマスク、207は投影結像レンズ、208は被加工物である。



【0018】上記光学系において、短パルスレーザ発振器201から図中矢印方向に放射されたレーザ光束202をフィールドレンズ、コンデンサレンズ等を含むマスク照明光学系204（ケーラー照明系、クリティカル照明系等の照明方法を含む）によって、フォトマスク205を照明し、フォトマスク205上に形成されたマスクパターンを通過したレーザ光束206は投影結像レンズ207によって被加工物208にフォーカス投影され、レーザ発振によって被加工物が加工される。

【0019】このような構成のレーザ加工装置に用いられる1ピコ秒以下のパルス発振時間幅でレーザを放出するレーザ発振器は、縦モード同期法を用いたレーザ発振器である。したがって、このようなレーザ発振器からのレーザパルスエネルギーは、一般的に定常的に放射されることとなる。このため、所定光強度の照射に制御する手段として、本実施例においては、レーザ発振器201から放射されたレーザ光束202に対して、レーザ発振器外部、またはレーザ発振器内におけるレーザ発振室とは別の部屋等のレーザ発振部分全体の温度コントロールに影響を与えることのない光路中に、光強度減衰手段203を配し、被加工物208に最適な光強度を照射制御することによって、被加工物208を最適に加工するように構成している。その際、上記レーザ発振部分全体の温度コントロールに影響を与えることのない箇所としては、前記光学系の光路中におけるレーザ発振器201と光学系の間が好ましく、さらには、レーザ発振器201のレーザ出射口近傍がより好ましい。

【0020】本実施例においては、光強度減衰手段として、バリアブルアッテネータを用いている。勿論、これを光吸収フィルター、あるいは単純な光アッテネータを用いて構成しても良い。ただし、1ピコ秒以下のレーザパルスは、一般的には縦モードがマルチで発振するため、レーザ波長バンドの広がりを持っている。このためバルク型の光学素子を通過すると、光学素子の波長分散特性によって、レーザパルス幅が若干長くなってしまうといった欠点を抱えることは否めない。また、特に加工を行う対象が多い場合、すなわち量産加工に用いる場合には、同一で安定均一な加工をおこなうために、レーザの発振特性であるパルス時間、出力エネルギーの安定性は非常に重要であり、本実施例のレーザ発振部分の温度コントロールに影響を与えない光路中に光強度減衰手段を配して、レーザ照射の光強度を制御することが必須となる。

【0021】〔実施例3〕図3は、本発明の実施例3におけるレーザ加工装置の光学系の概略光路図である。同図において、短パルスレーザ発振器301から図中矢印方向に放射されたレーザ光束302をフィールドレンズ、コンデンサレンズ等を含むマスク照明光学系304（ケーラー照明系、クリティカル照明系等の照明方法を含む）によって、フォトマスク305を照明し、フォト

マスク305上に形成されたマスクパターンを通過したレーザ光束306は投影結像レンズ307によって被加工物308にフォーカス投影され、レーザ発振によって被加工物が加工される。

【0022】このような構成のレーザ加工装置に用いられる、高出力型の1ピコ秒以下のパルス発振時間幅でレーザを放出するレーザ発振器は縦モード同期法を用いて光パルス時間圧縮するため、前述したように固定周期にて連続放射され、一般的に汎用市販されているもので発振周波数は1キロヘルツ前後である。このため、本実施例においては、レーザ発振器301から放射されたレーザ光束302に対して光路中に光遮蔽制御装置である回転チョッパー303を配し、図4に示すように羽根車形状の回転板を図中矢印方法に回転させ不図示のモータおよびコントローラによる回転スピードの制御によってレーザ光の透過遮蔽周期を数ヘルツからレーザ発振器の発振周波数未満までコントロールされる。また、光透過と光遮蔽の時間比率はチョッパーの羽根車の形状によって決定されている。

【0023】一方、光遮蔽制御装置である回転チョッパー303のレーザが照射される部分は、レーザ波長に対して吸収率の高い色の塗装が施されていて、光遮断時にはレーザ光はチョッパー部材に吸収され熱エネルギーに変換される。この場合レーザ光の照射エネルギー密度はレーザビームが空間的に広がりを持っているため、アブレーション閾値までのエネルギー密度には達しなく、加工が発生することは無く、単なる光エネルギーの熱エネルギーへの変換過程となり、チョッパーが破壊されることはない。また、加熱した回転チョッパー303は、ガスブローワ309によって空気または窒素ガスを吹き付けられることによって冷却が行われている。

【0024】また、図示はしていないが、光遮断時にレーザ光が一部反射される場合、反射された光の処理に対しても注意が必要で、最終的な光の処理はカーボン等の略光吸収材料によって吸収処理している。さらに、光遮断状態を光反射によって偏向させる場合には、反射光がレーザ発振器内に戻らないように、偏向反射板はレーザ光の光軸に対して垂直から傾けた角度で配し、反射レーザ光は上記と同様に、最終的にはカーボン等の略光吸収材料によって吸収処理しなくてはならない。一方、光アブレーション加工工程を終了する場合においては、光遮蔽制御装置である回転チョッパー303を光遮断状態で停止させれば良い。

【0025】光遮蔽制御装置は、本実施例においては、回転チョッパー型の機械的繰返しシャッターを用いているが、機械的電磁開閉シャッターを用いてもかまわず、また機械的な動作では、追いつけない時間をON/OFFするためには、電気制御可能な液晶シャッターや、音響光学素子（AOM）や電気光学素子による光偏向による光直進状態をON、光回折効果による光偏向状

態をOFFとして、光の進行方向を変える素子を用いて、ON/OFFの光遮蔽を制御することを行っても良いものである。またこの場合、レーザ光の透過遮蔽周期と光透過と光遮蔽の時間比率はシャッターをコントロールするコントローラ手段によって制御すれば良い。

【0026】ただし、1ピコ秒以下のレーザパルスは、一般的には縦モードなマルチ発振を用いるため、レーザ波長バンドの広がりを持っている。このためバルク型の光学素子を通過すると、光学素子の波長分散特性によって、レーザパルス幅が若干長くなってしまうといった欠点を抱えることになるため、異常波長分散特性素子などを利用した光学系としての補正手段を組み込む必要がある。

【0027】また、特に加工を行う対象が多い場合、すなわち量産加工に用いる場合には、同一で安定均一な加工を行うために、レーザの発振特性であるパルス時間、出力エネルギーの安定性は非常に重要であり、本実施例のレーザ発振および再生増幅部分の温度コントロールに影響を与えない光路中に光遮蔽制御装置を配して、レーザ光の透過遮蔽周期と光透過と光遮蔽の時間比率を制御することが必須となる。光遮蔽制御装置の配置箇所としては、前記光学系の光路中であればどこでも機能を果たせるが、図3に示しているような、レーザ発振器301と前記光学系との間のレーザ光が平行ビームとなっている場所がより好ましい。

【0028】次に、レーザ加工過程としては基本的には図5に示すようなシーケンスとなり、レーザパルス列の照射状態とレーザ非照射状態の繰り返しとなる。ただし、被加工物の物性特性および加工形状または加工進行状態に応じてコントローラ手段によって、レーザ光パルスの繰り返し周期を変調制御したり、またレーザパルス列の照射状態とレーザ非照射状態の時間比率を変調制御することによって、より高精度で最適な光アブレーション加工を行うこともできるように構成している。

【0029】次に、図6に上述の実施例1～実施例3のレーザ加工装置を用いて加工されるインクジェット記録ヘッドを示す。図6において、33は基板であり、この基板にはインクを吐出するための電気熱変換素子や電気機械変換素子等のインク吐出圧発生素子34が設けられている。このインク吐出圧発生素子34は吐出口21に連通するインク流路31内に配されており、個々のインク流路31は共通液室32に連通している。この共通液室32にはインク供給管（不図示）が接続され、インクタンクよりインク供給管を介してインクが供給される。また、35はインク流路31および共通液室32を形成するための凹部を有する天板であり、基板33と接合されることでインク流路31、共通液室32を形成している。さらに、基板33と天板35との接合体のインク流路端部側には吐出口21を備えるオリフィスプレート2が設けられている。

【0030】このようなインクジェット記録ヘッドは、以下のように作成することができる。まず、インク吐出圧発生用の発熱抵抗素子であるヒータ34と不図示のシフトレジスタ等の集積回路、電気配線と、をシリコン基板にバタニングして基板33を作成するとともに、インク流路31、およびインク液室32となる凹部と不図示のインク供給口を上記してきたレーザ加工装置を用いて所定光パルス数をパターン投影照射し加工形成して天板35を作成する。その後、インク吐出側端面およびインク流路31とヒータ34の配列が一致するように基板33と天板35とをアライメント接合した後、ノズルが未形成状態のオリフィスプレート2を、接合された天板とベースプレートのインク吐出側端面に接着し、この状態でさらに上記述べてきたレーザ加工装置を用いて所定光パルス数をパターン投影照射しノズル21を形成し、以後、不図示のヒータ駆動用の端子をバタニングした電気基板を結合するとともに、アルミ製のベースプレートを基板33に接合し、次いで、各部材を保持するホルダおよびインク供給のためのインクタンクを結合することでインクジェット記録ヘッドを組み立てる。

【0031】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、レーザ発振部分全体の温度コントロールに影響を与えることなく、レーザ発振器から連続放射されるレーザ光の照射を制御して、所望の光アブレーション加工を行うことができるレーザ加工装置とレーザ加工方法、および該レーザ加工装置または方法によって加工するインクジェット記録ヘッドの製造方法と該製造方法によるインクジェット記録ヘッドを実現することができる。また、本発明によれば、レーザ発振部分全体の温度コントロールに影響を与えることなく、安定したレーザ発振のもとで、光通過の遮断を制御するようにして、被加工物に所定パルス数だけ照射し、所定深さ、所定形状の精度の良いレーザ加工を行うことが可能となるレーザ加工装置とレーザ加工方法、および該レーザ加工装置または方法によって加工するインクジェット記録ヘッドの製造方法と該製造方法によるインクジェット記録ヘッドを実現することができる。また、本発明によれば、レーザ発振器内の温度コントロールに影響を与えることなく、被加工物の物性特性および加工形状または加工進行状態に応じてレーザ光パルスの繰り返し周期を制御し、またレーザ照射状態とレーザ非

照射状態の時間比率を制御することによって、例えば、光アブレーションによって生成されたプラズマおよび気体状の原子または分子の飛散状態に対してレーザ照射間隔の最適化や、プラズマ雲による光遮蔽および吸収によるアブレーション特性変化の回避などができ、高精度で最適な光アブレーション微細加工を行うことが可能となるレーザ加工装置とレーザ加工方法、および該レーザ加工装置または方法によって加工するインクジェット記録ヘッドの製造方法と該製造方法によるインクジェット記録ヘッドを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係るレーザ加工装置の光学的概略図。

【図2】本発明の実施例2に係るレーザ加工装置の光学的概略図。

【図3】本発明の実施例3に係るレーザ加工装置の光学的概略図。

【図4】本発明の実施例3に係る回転チョッパーの概略図。

【図5】本発明の実施例3に係るレーザ照射方法のシーケンスを示す図。

【図6】本発明の実施例に係るインクジェット記録ヘッドの製造方法によって製造されたインクジェット記録ヘッドを示す概略図。

【符号の説明】

2：オリフィスプレート

3：インクジェット記録ヘッド本体

21：インク吐出口ノズル

31：インク流路

32：インク液室

33：基板

34：インク吐出圧発生素子

35：天板

101：極短パルスレーザ発振器

102：レーザ光束

103：光遮蔽装置

104：フォトマスク照明光学系

105：フォトマスク

106：レーザ光束

107：フォトマスクパターン投影レンズ

108：被加工物

201：リング型極短パルスレーザ発振器

202：レーザ光束

203：光強度減衰手段

204：フォトマスク照明光学系

205：フォトマスク

206：レーザ光束

207：フォトマスクパターン投影レンズ

208：被加工物

301：極短パルスレーザ発振器

302：レーザ光束

303：回転チョッパー

304：フォトマスク照明光学系

305：フォトマスク

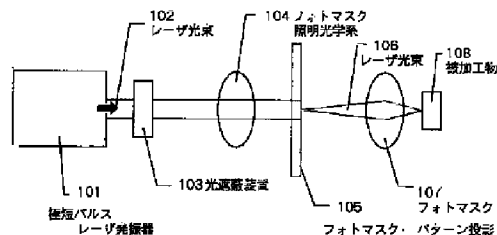
306：レーザ光束

307：フォトマスクパターン投影レンズ

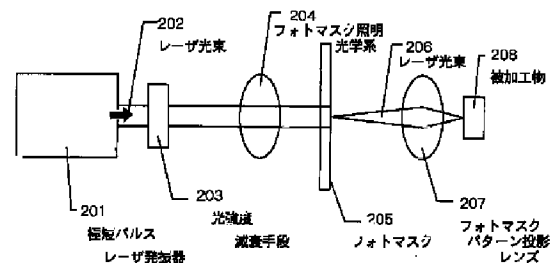
308：被加工物

309：ガスブローワー

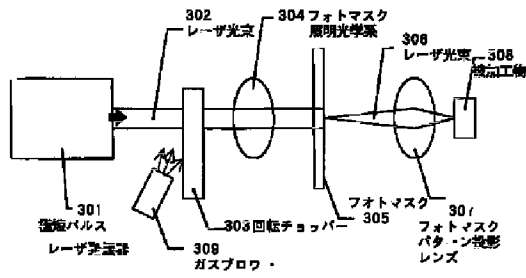
【図1】



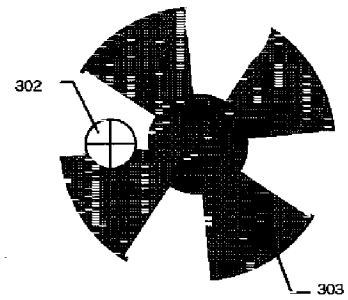
【図2】



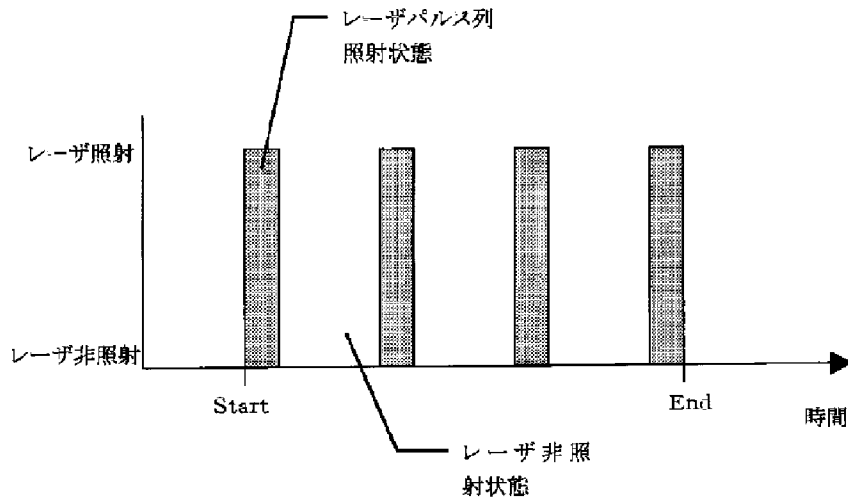
【図3】



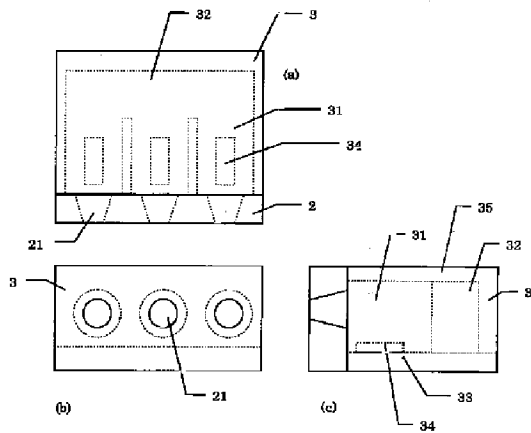
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

H01S 3/00

識別記号

F I

B41J 3/04

103H

(参考)